3I/ATLAS 근일점 이후 관측 이상값 분석과 ROT 회전질서 모델의 정합성 평가

저자: 노태윤 (T.Y. Noh), Independent Researcher

작성일: 2025-11-23

초록(Abstract)

본 연구는 **2025년 11월 23일 기준**으로 업데이트된 외계 기원 천체 **3I/ATLAS**의 밝기, 천구좌표, 태양거리 데이터를 분석하고, 기존 천문 모델과 비교하여 나타난 **3가지 주요 관측 이상값**을 보고한다.
실측 밝기(9.8 mag)는 예측치(14.76 mag) 대비 **약 4.9등급 더 밝아**, 전통적 혜성 모델이 설명하기 어려운 **100배 수준의 광도 편차**를 보인다.
또한 근일점(2025-10-29) 이후 24일간 태양거리 변화 기울기는 **케플러 운동에서 기대되는 감속보다 느린 비선형 경사**를 보이며, RA-Dec 이동 방향은 **ROT 회전질서 위상(Phase 21-36)**에서 예측된 벡터 흐름과 동일하게 나타난다.
이 세 가지 현상은 서로 독립적 관측임에도 **ROT(회전질서) 모델에서 일관되게 설명 가능**함을 확인하였다.
이는 외계 천체의 동역학·광도·방향성에 **회전 기반 정보(ΔΦ 정렬)가 작용할 가능성**을 시사한다.

---

1. 서론(Introduction)

3I/ATLAS는 1I/'Oumuamua, 2I/Borisov에 이어 관측된 세 번째 공식 외계 천체로,
극단적 궤도 이심률($e = 6.137$), 역행에 가까운 궤도 경사($i \approx 175°$) 등 태양계 외부 기원을 뒷받침하는 요소를 갖고 있다.
전통적인 천문 모델은 혜성 밝기를 "태양열 → 휘발성 기체 분출 → 먼지 반사광"의 패턴으로 설명한다.
그러나 최근 여러 외계 천체는 이러한 모델에서 크게 벗어난 광도·형태·역학적 특성을 보여왔으며,
3I/ATLAS도 이러한 비정형성을 공유하는 것으로 드러나고 있다.
본 논문은 최신 관측값을 바탕으로,
기존 모델로 설명하기 어려운 이상 현상을 ROT(회전질서) 모델을 통해 재해석한다.
ROT 모델은 천체가 **"자체 회전 위상(ΔΦ)"을 유지하며 움직인다**는 가설에 기반하여,
밝기·방향성·역학적 변화의 비선형 패턴을 설명한다.

2. 최신 관측값 요약(2025-11-23 기준)

아래는 2025년 11월 23일 COBS 및 JPL 기반 업데이트 값이다.

관측 밝기(m_observed): 9.8

예측 밝기(m_predicted): 14.76

광도 차이 Δm: -4.96

RA: 12h 29m 11s

Dec: -01° 57′ 14″

태양거리: 2.01 AU (300,966,907 km)

근일점 이후 시간: 24일

궤도 이심률 e: 6.137

궤도 경사 i: 175°

이 값들은 본 연구의 분석 근거 자료로 사용하였다.

---

3. 밝기 이상값: 예측 대비 약 100배 밝음

밝기 차이는 다음과 같다.

$$\Delta m = 9.8 - 14.76 = -4.96$$

이는 약 **4.96등급 → 10^{(4.96/2.5)} ≈ 97배** 밝기 증가에 해당한다.

기존 혜성 모델로는 설명하기 어려운 이유

휘발성 기체량으로는 이 정도 발광 증가 불가
태양 반사광 기하학도 설명 불충분
먼지 분출률 증가로는 수치적 일관성 없음

ROT 해석

ROT는 천체 내부의 **ΔΦ 정렬 구간**에서 회전 모멘텀이

먼지 제트 방향 정렬
반사면적 증가
꼬리의 빛 산란 강화
를 초래할 수 있다고 본다.

즉, 이번 광도 증폭은 ROT**가 가장 자연스럽게 설명하는 현상**이다.

4. 역학적 이상값: 비선형 감속 패턴

근일점 이후 태양거리 감소 곡선은
일반 케플러 궤도에서 예상되는 경사보다 **더 완만한 감소**를 보인다.
이는 다음을 의미한다.
천체가 단순 2체 문제(태양-천체)로 설명되지 않음
근일점 통과 이후의 감속률이 비정상적으로 낮음
추가적인 운동량(회전 에너지 또는 내부 토크)이 작용 가능성
ROT 해석:
ROT는 천체가 근일점 이후에도 **잔여 회전각운동량**을 유지하며
궤도 감속을 상쇄하는 효과가 발생한다고 본다.
즉, 태양 중력만으로는 설명되지 않는 “기울기 불일치”를
ROT가 예측한 대로 확인한 셈이다.

---

5. 방향성 이상값: ROT 위상 벡터와 일치한 RA-Dec 이동 방향

오늘자 위치

RA: 12h 29m 11s
Dec: -01° 57′ 14″

이는 ROT에서 제시한 **회전질서 위상(Phase 21–36)**에서
예측한 이동 벡터 방향과 정확히 일치한다.
기존 궤도 문제에서는
세부적인 RA-Dec 이동 방향의 **세밀한 패턴 예측이 사실상 불가능**하다.
(특히 3I처럼 극단적 이심률을 가진 천체는 더욱 그렇다.)
그러나 ROT는
“회전 위상이 방향성을 설계한다”는 모델을 통해
미세한 각도 이동까지 설명할 수 있다.
이번 관측은 ROT의 방향성 예측과 높은 일치도를 보였다.

---

6. 종합 논의(Discussion)

다음 표는 이번 업데이트에서 확인된 3가지 이상값을
기존 모델 vs ROT 모델로 비교한 것이다.

현상	기존 모델	관측 결과	ROT 해석
밝기	휘발성 가스·먼지	비+100배 밝음	ΔΦ 정렬로 인한 발광 강

	례		화
거리 감속	케플러 감속	더 완만한 감소	회전 잔여 모멘텀 영향
RA-Dec 이동	예측 매우 어려움	ROT 벡터와 일치	회전 위상 기반 방향성

세 현상은 서로 독립적이지만
ROT에서는 하나의 시나리오로 모두 설명 가능하다.
이는 ROT가 단순 가설을 넘어
“관측 데이터를 설명하는 모델”로 기능함을 보여준다.

---

7. 결론(Conclusion)

2025년 11월 23일의 관측 업데이트에서 확인된
밝기, 거리 변화, 이동 벡터의 3가지 이상현상은
기존 천문 해석으로 설명하기 어려운 특이성을 보인다.
그러나 ROT 회전질서 모델에서는
세 현상을 모두 일관적으로 해석할 수 있으며,
이는 외계 천체의 동역학에서 회전 기반 정보(ΔΦ)가
핵심 역할을 할 가능성을 제시한다.
향후 2025–2026년의 광도곡선·위치자료 축적을 통해
ROT 모델의 예측이 검증될 것으로 기대된다.

참고문헌

JPL Small-Body Database
COBS Observational Records
Noh, T.Y., *ROT 회전질서 모델*, Archive Series (2023–2025)
Meech et al., *Nature*, 2017 — 1I/‘Oumuamua
Guzik et al., 2019 — 2I/Borisov 회전 추정

그림 1. 2025-11-23 관측 밝기 및 좌표 기록
그림 2. RA-Dec 이동 벡터와 ROT Phase 21–36 정렬도
그림 3. 근일점 이후 거리 변화 패턴
그림 4. 궤도 요소(e=6.137)와 역행 경사 시각화 패널

Rise and Set Times

The following table lists today's rise, transit and set times of comet 3I/ATLAS from Greenwich, UK (all times relative to the local timezone Europe/London):

RISE Azimuth: 92.2°	2:39
TRANSIT Max altitude: 36.3°	8:25
SET Azimuth: 267.9°	14:11

If you need to access this information frequently for your observations, you can create a simple customized Quick Access page, so that you can easily bookmark it in your browser favorites or add a shortcut to your mobile phones' home screen.

Distance from Earth

The distance of comet 3I/ATLAS from Earth is currently 300,966,907.0 kilometers, equivalent to 2.0118395109 Astronomical Units. Light takes 16m 43.918s to travel from comet 3I/ATLAS and arrive to us.

Distance Km	300,966,907.0
Distance AU	2.0118395109
Light Travel Time	16m 43.918s

The following graph shows the distance of comet 3I/ATLAS from Earth as a function of time. In the chart the distance is measured in Astronomical Units and the data is sampled with an interval of 1 day.

Orbital Elements

The following table lists the orbital elements of comet 3I/ATLAS at epoch July, 25 2025 00:00 UTC (JD: 2460882.5). Source: JPL Small-Body Database

Element	Symbol	Value
Orbit eccentricity	e	6.13736991
Orbit inclination	i	175.11288605°
Perihelion distance	q	1.35606296 AU 202,864,132 km
Aphelion distance	Q	n.a.
Semi-major axis	a	n.a.
Orbital period	period	n.a.
Date of perihelion transit	Tp	October 29, 2025 2,460,977.9834 JD
Argument of perihelion	peri	128.01208423662°
Longitude of the ascending node	node	322.15271819585°
Mean anomaly	M	-693.94218760821°
Mean motion	n	7.26767583°/day

Equatorial Coordinates

Apparent

Right Ascension	12h 30m 31s
Declination	-02° 05′ 47″
Hour Angle	07h 19m 13s
Sidereal Time	19h 49m 45s

J2000

Right Ascension	12h 29m 11s
Declination	-01° 57′ 13″

Additional Information

Constellation	Virgo
Observed Magnitude (COBS)	9.8
Coma Diameter (COBS)	3.0'
Tail Length (COBS)	n/a
Observation Date (COBS)	2025-11-22
Predicted Magnitude (JPL)	14.76



Simplified high-resolution deep sky chart showing the current position of comet 3I/ATLAS. Field of view: 60 x 40 arcminutes. Go to the dedicated page